

УДК 699.86+697.148

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ

БОЛЬШАКОВ В.И.¹, *д.т.н., проф.*СОПИЛЬНЯК А. М.^{2*}, *асс.*,ЮРЧЕНКО Е.Л.³, *к.т.н., доцент*,ПАНЧЕНКО Н.В.⁴, *к.т.н., доцент*

¹ Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 470866, e-mail: postmaster@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

^{2*} Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: artem_sopilnyak@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

³ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

⁴ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина

Аннотация. *Постановка проблемы.* В практике строительства используются различные виды трехслойных железобетонных ограждающих стеновых панелей. В качестве среднего слоя таких панелей применяют теплоизоляционные материалы (минераловатные, полимерные, легкие бетоны), обладающие высокими теплофизическими свойствами. Для основных типов ограждающих конструкций массового применения при строительстве зданий различного назначения были выполнены расчёты на теплопроводность с помощью программного комплекса «Elcut 5». *Цель.* Проведение анализа результатов расчетов приведенного сопротивления теплопередачи для некоторых конструкций трехслойных железобетонных стеновых панелей массового применения. *Вывод.* Сопротивление теплопередачи для панели с гибкими связями и панелей с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона в 1,35...2,1 раза выше, чем у остальных вариантов конструкций. Минимальному значению сопротивления теплопередачи для первой температурной зоны удовлетворяют панели с гибкими связями и средним слоем из пенополистирола (450...500 мм), экструдированного пенополистирола (450...500 мм), и минераловаты (500 мм). А также панели с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона (450...500 мм). Для второй температурной зоны минимальное значение сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции жилых и общественных зданий обеспечивают панели с гибкими связями и средним слоем из пенополистирола (400...500 мм), экструдированного пенополистирола (400...500 мм), минераловаты (450...500 мм), и панели с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона (400...500 мм).

Ключевые слова: трехслойная железобетонная стеновая панель, сопротивление теплопередачи.

ОПР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТРИШАРОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПАНЕЛЕЙ

БОЛЬШАКОВ В.И.¹, *д.т.н., проф.*,СОПИЛЬНЯК А. М.^{2*}, *ас.*,ЮРЧЕНКО Е.Л.³ *к.т.н., доцент*ПАНЧЕНКО М.В.⁴ *к.т.н., доцент*

¹ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад „Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38(0562) 470866, e-mail: postmaster@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

^{2*} Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: artem_sopilnyak@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

³ Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

⁴ Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна

Анотація. Постановка проблеми. У практиці будівництва використовуються різні види тришарових огорожувальних залізобетонних стінових панелей. В якості середнього шару таких панелей застосовують теплоізоляційні матеріали (мінераловатні, полімерні, легкі бетони), що володіють високими теплофізичними властивостями. Для основних типів огорожувальних конструкцій масового застосування при будівництві будівель різного призначення були виконані розрахунки на теплопровідність за допомогою програмного комплексу «Elcut 5». **Мета.** Проведення аналізу результатів розрахунків приведенного опору теплопередачі для деяких конструкцій тришарових залізобетонних стінових панелей масового застосування. **Висновок.** Опір теплопередачі для панелі з гнучкими в'язями і панелей з монолітною в'язю між шарами і середнім шаром з полістиролбетону в 1,35...2,1 рази вище, ніж у решти варіантів конструкцій. Мінімальному значенню опору теплопередачі для першої температурної зони задовольняють панелі з гнучкими в'язями і середнім шаром з пінополістиролу (450...500 мм), екструдованого пінополістиролу (450...500 мм), і мінераловати (500 мм). А також панелі з монолітною в'язю між шарами і середнім шаром з полістиролбетону (450...500 мм). Для другої температурної зони мінімальне значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель забезпечують панелі з гнучкими в'язями і середнім шаром з пінополістиролу (400...500 мм), екструдованого пінополістиролу (400...500 мм), мінераловати (450...500 мм), і панелі з монолітною в'язю між шарами і середнім шаром з полістиролбетону (400...500 мм).

Ключові слова: тришарова залізобетонна стінова панель, опір теплопередачі.

RESISTANCE TO HEAT TRANSFER THREE-LAYER CONCRETE PANELS

BOLSHAKOV V.I.¹, *Dr. Sc., Prof.*,
SOPILNYAK A. M.^{2*}, *assistant*,
IURCHENKO Iev.L.³, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*
PANCHENKO M.V.⁴, *Ph. D*

¹ Department of Materials and Materials Processing, State Higher Education Establishment "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel.+38 (0562) 470866, e-mail: postmaster@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

^{2*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: artem_sopilnyak@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

³ Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

⁴ Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine

Summary. Raising of problem. In construction there are different kinds of three-layer reinforced concrete cladding wall panels. The middle layer of these panels is a materials of heat-insulation (mineral wool, polymer, lightweight concrete), which have high thermal properties. The calculations were performed on the thermal conductivity using the software package Elcut 5" for main types of walling mass application in the construction of buildings for various purposes. **Purpose.** Analysis results of calculations of a heat transfer resistance for some designs of three-layer reinforced concrete wall panels for mass application. **Conclusion.** The resistance of heat transfer panels with flexible links and panels with monolithic links between the layers and the middle layer of polystyrene on 1.35...2.1 higher than other variants structures. For the first temperature zone the minimum value of the resistance of heat transfer provides for panels with flexible links and the middle layer of expanded polystyrene (450...500 mm), extruded polystyrene foam (450...500 mm), and mineral wool (500 mm). And panels with monolithic links between the layers and the middle layer of polystyrene concrete (450...500 mm). For the second temperature zone the minimum value of thermal resistance of enclosing structures of residential and public buildings provide panels with flexible links and the middle layer of polystyrene (400...500 mm), extruded polystyrene foam (400...500 mm), mineral wool (450...500 mm), and panels with monolithic links between the layers and the middle layer of polystyrene (400...500 mm).

Key words: three-layer reinforced concrete wall panel, resistance to heat transfer.

Введение

В практике строительства используются различные виды трехслойных железобетонных ограждающих стеновых панелей. В качестве

среднего слоя таких панелей применяют материалы, обладающие высокими теплофизическими свойствами, но при этом они имеют низкие прочностные показатели.

Для основных типов ограждающих конструкций массового применения при строительстве зданий

различного назначения были выполнены расчёты на теплопроводность с помощью программного комплекса «Elcut 5».

Цель

Проведение сравнительного анализа характеристик тепловой защиты различных вариантов трехслойных железобетонных стеновых панелей массового применения. Подбор параметров теплоизоляционного слоя трехслойных железобетонных стеновых панелей для двух температурных зон.

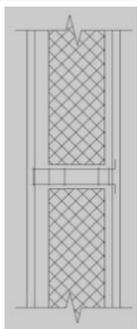
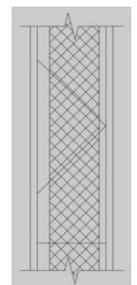
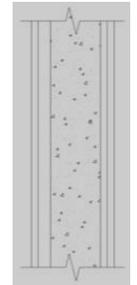
Изложение материала

Результаты расчётов приведенного сопротивления теплопередачи для отдельных конструкций трехслойных стеновых панелей массового применения приведены в таблице 1.

При определении приведенного сопротивления теплопередачи материал внешних слоев для всех вариантов конструкций был принят - тяжелый бетон с коэффициентом теплопроводности $\lambda=1,92$ Вт/(м·К) и $\lambda=2,04$ Вт/(м·К), соответственно для условий эксплуатации А и Б.

Таблица 1

Сравнение приведенного сопротивления теплопередачи трехслойных стеновых панелей массового применения/Comparison of thermal resistance of three-layer wall panels for mass application

| № п.п. | Эскиз участка панели | Вид связей между слоями | Материал среднего слоя утеплителя | Приведенное сопротивление теплопередачи при толщине панели, мм | | | | |
|--------|---|-------------------------|--|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| 1 |  | Железобетонные бруска | Пенополистирол $\rho=25\text{кг/м}^3$ | 1,278 (1,185) | 1,501 (1,392) | 1,725 (1,598) | 1,950 (1,806) | 2,172 (2,012) |
| | | | Пенополистирол экструдир. $\rho=25\text{кг/м}^3$ | 1,310 (1,257) | 1,537 (1,474) | 1,765 (1,691) | 1,995 (1,909) | 2,221 (2,125) |
| | | | Минераловата $\rho=100\text{кг/м}^3$ | 1,162 (1,105) | 1,369 (1,299) | 1,575 (1,494) | 1,783 (1,689) | 1,988 (1,883) |
| 2 |  | Гибкие стальные стержни | Пенополистирол $\rho=25\text{кг/м}^3$ | 2,123 (1,993) | 2,577 (2,351) | 3,031 (2,767) | 3,496 (3,192) | 3,969 (3,624) |
| | | | Пенополистирол экструдир. $\rho=25\text{кг/м}^3$ | 2,230 (2,180) | 2,706 (2,646) | 3,181 (3,113) | 3,669 (3,591) | 4,165 (4,078) |
| | | | Минераловата $\rho=100\text{кг/м}^3$ | 1,774 (1,692) | 2,156 (2,058) | 2,538 (2,422) | 2,927 (2,794) | 3,321 (3,170) |
| 3 |  | Монолитная связь | Полистиролбетон $\rho=300\text{кг/м}^3$ | 2,020 (1,854) | 2,520 (2,308) | 3,020 (2,763) | 3,520 (3,217) | 4,020 (3,671) |
| | | | Керамзитобетон $\rho=500\text{кг/м}^3$ | 1,279 (1,000) | 1,573 (1,217) | 1,867 (1,435) | 2,162 (1,652) | 2,456 (1,869) |

Примечание: без скобок указано значение приведенного сопротивления теплопередачи конструкции для условий эксплуатации А, а в скобках - для Б.

Внутренний слой толщиной 7 см, а наружный 5 см. В качестве среднего слоя, эффективного утеплителя, рассматривалось несколько теплоизоляционных материалов. Для трехслойных конструкций со связями из железобетонных брусьев (по аналогии к серии 1.090.1-1/88 [2]) и гибких стальных стержней (по аналогии к серии 1.132.1-14 [3]) сравнивались пенополистирол с коэффициентами теплопроводности $\lambda=0,043$ Вт/(м·К) и $\lambda=0,053$ Вт/(м·К) (соответственно для условий эксплуатации А и Б), экструдированный пенополистирол с коэффициентами теплопроводности $\lambda=0,038$ Вт/(м·К) и $\lambda=0,04$ Вт/(м·К), минеральная вата с коэффициентами теплопроводности $\lambda=0,064$ Вт/(м·К) и $\lambda=0,07$ Вт/(м·К).

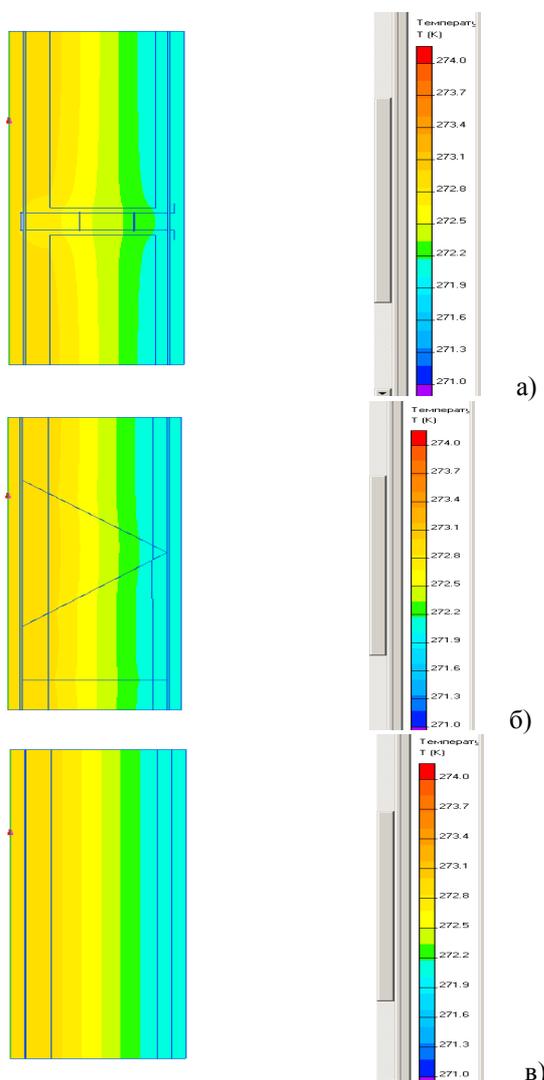


Рис. 1. Схема распределения температурных полей для трехслойной конструкции / The scheme of distribution of temperature fields in a three-layer structure:

а - со связями в виде ж/б брусьев; б - с гибкими связями; в - с монолитной связью между слоями

Для конструкции с монолитной связью между слоями (по аналогии к серии 1.090.1-1/88) рассматривались пенополистиролбетон с $\lambda=0,10$ Вт/(м·К) и $\lambda=0,11$ Вт/(м·К) и керамзитобетон с $\lambda=0,17$ Вт/(м·К) и $\lambda=0,23$ Вт/(м·К) (соответственно для условий эксплуатации А и Б). Толщина трехслойной железобетонной ограждающей панели с эффективным утеплителем варьировалась от 300 мм до 500 мм с шагом 50 мм. Технические характеристики рассчитываемых теплоизоляционных материалов приведены в таблице 1.

На рисунке 1 приведены схемы распределения температурных полей полученная в программном комплексе «Elcut 5» для трехслойной конструкции со связями в виде ж/б брусьев (рис. 1, а.), с гибкими

Панели с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона удовлетворяют минимальным требованиям по сопротивлению теплопередачи при толщине панели 400...500 мм для условий эксплуатации А, и 450...500 мм - для Б.

Для первой же температурной зоны минимально допустимое значение сопротивления теплопередачи (для остальных областей Украины) составляет $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. И этому нормативу удовлетворяют панели с гибкими связями и средним слоем из пенополистирола при толщине панели 450...500 мм для условий эксплуатации А, и 500 мм - для Б. Та же панель со средним слоем из экструдированного пенополистирола обеспечивает это значение при толщине панели 450...500 мм для условий эксплуатации А и Б, и с утеплителем из минераловаты при толщине панели 500 мм для условий эксплуатации А, а для условий эксплуатации Б не обеспечивает. Панели с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона удовлетворяют минимальному нормативу для первой температурной зоны при толщине панели 450...500 мм для условий эксплуатации А, и 500 мм - для Б. Остальные варианты конструкций не обеспечивают минимальных норм ДБН В.2.6-31:2006 [1] по сопротивлению теплопередачи ограждающей конструкции.

Выводы

Сопротивление теплопередаче для панели с гибкими связями и панелей с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона в 1,35...2,1 раза выше, чем у остальных вариантов конструкций.

Минимальному значению сопротивления теплопередачи для первой температурной зоны удовлетворяют панели с гибкими связями и средним слоем из пенополистирола (450...500 мм), экструдированного пенополистирола (450...500 мм), и минераловаты (500 мм). А также панели с монолитной связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона (450...500 мм).

Для второй температурной зоны минимальное значение сопротивления теплопередачи

ограждающей конструкции жилых и общественных зданий обеспечивают панели с гибкими связями и средним слоем из пенополистирола (400...500 мм), экструдированного пенополистирола (400...500 мм), минераловаты (450...500 мм), и панели с монолитной

связью между слоями и средним слоем из полистиролбетона (400...500 мм).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ/ REFERENCES

1. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2006. Зі Зміною №1 від 1 липня 2013 Київ. Мінбуд України. 2006.

DBN V. 2.6-31:2006. Construction of buildings and structures. Thermal insulation of buildings. The Ministry Of Construction Of Ukraine. 2006.

2. Серия 1.090.1-1/88 Выпуск 2-4. Панели наружных стен трехслойные на жестких связях. ЦИТП. Госстрой СССР. 1989.

Series 1.090.1-1/88 Release 2-4. Panel three-layer external walls on rigid links. СІТР. Gosstroy of the USSR. 1989.

3. Серия 1.132.1-14 Панели наружных стен железобетонные трехслойные толщиной 300 мм с утеплителем из полистирольного пенопласта и гибкими связями однорядной разрезки для крупнопанельных жилых зданий с шагом

поперечных стен 3,0-3,6 м и высотой этажа 2,8 м. ЦНИИЭП. Госстрой СССР. 1986.

Series 1.132.1-14 panels of external walls reinforced concrete three-layer thickness of 300 mm with thermal insulation made of polystyrene foam and flexible links single row of cutting for large-panel residential buildings with a pitch of transverse walls of 3.0-3.6 m and a storey height of 2.8 m. СТИЕР. Gosstroy of the USSR. 1986.

4. Savytskyi M.V., Shevchenko T.Y., Iurchenko Iev.L., Koval O.O. Improving energy efficiency of residential buildings of the old building / Savytskyi M.V., Shevchenko T.Y., Iurchenko Iev.L., Koval O.O. // Building, materials sciences, mechanic engineering: Collection of scientific papers Issue№50. – Dnipropetrovs'k, PSAES, 2009. – p. 489-495. http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/inovaci/archiv/vipusk_50_2009.pdf

Статья поступила в редколлегию 11.08.2015